

NASKAH PUBLIKASI
PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL
DARI PROPILEN OKSIDA DAN AIR
KAPASITAS 60.000 TON PER TAHUN



Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Meraih Gelar Sarjana Teknik
Strata Satu pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Oleh :
Tri Setia Nugraha
D 500 100 007

Dosen Pembimbing
1. Dr. Ahmad M. Fuadi.
2. M. Mujiburohman Ph.D

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2014



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura, Telp. (0271) 717417, Fax.715448
Surakarta 57102

Website: <http://www.ums.ac.id> , Email: ums@ums.ac.id

Surat Persetujuan Artikel Publikasi Ilmiah

Yang bertanda tangan di bawah ini pembimbing skripsi/ tugas akhir:

Pembimbing I : Dr. Ahmad M. Fuadi

NIK : 618

Pembimbing II : M. Mujibburrohman, Ph.D

NIK : 794

Telah membaca dan mencermatinaskah artikel publikasi ilmiah, yang merupakan ringkasan skripsi/ tugas akhir dari mahasiswa:

Nama : **Tri Setia Nugraha**

NIM : **D 500 100 007**

Program Studi : **TEKNIK KIMIA**

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK PROPILEN GLIKOL
DARI PROPILEN OKSIDA DAN AIR KAPASITAS
60.000 TON PER TAHUN**

Naskah artikel tersebut layak dan dapat disetujui untuk dipublikasikan. Demikian persetujuan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan seperlunya.

Surakarta, 23 Desember 2014

Pembimbing I

Dr. Ahmad M. Fuadi

NIK. 618

Pembimbing II

M. Mujibburrohman, Ph.D

NIK. 794

**SURAT PERNYATAAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Bismilahirroahmanirrohim

Yang bertandatangan dibawah ini, saya

Nama : Tri Setia Nugraha

NIM/NIK/NIP : D500 100 007

Fakultas/Jurusan : Teknik kimia

Jenis : Skripsi/Tesis/Disertasi/laporan penelitian

Judul : Prarancangan Pabrik Propilen Glikol Dari Propilen Oksida Dan Air
Kapasitas 60.000 Ton Per Tahun

Dengan ini menyatakan bahwa saya menyetujui untuk:

1. Memberikan hak bebas royalti kepada perpustakaan UMS atas penulisan karya ilmiah saya, demi pengembangan ilmu pengetahuan.
2. Memberikan hak menyimpan, mengalih mediakan/ mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikanya, serta menampilkanya dalam bentuk *softcopy* untuk kepentingan akademik kepada Perpustakaan UMS, tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap menyantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UMS, dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan semoga dapat digunakan sebagai semestinya.

Surakarta, Desember 2014

Yang Menyatakan



(Tri Setia Nugraha)

INTISARI

Prarancangan pabrik Propilen Glikol dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan propilen glikol dalam negeri dan tidak menutup kemungkinan untuk diekspor. Propilen glikol dibuat melalui reaksi hidrasi propilen oksida dan air dengan katalis asam sulfat. Proses produksi propilen glikol dilakukan di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Reaksi berlangsung pada fase cair, suhu 32°C dan tekanan 1 atm. Untuk memurnikan propilen glikol dilakukan proses dekantasi dan destilasi sehingga diperoleh produk propilen glikol dengan kemurnian 99%.

Pabrik propilen glikol dengan kapasitas 60.000 ton per tahun ini membutuhkan bahan baku propilen oksida sebanyak 59.411.684,75 ton per tahun dan air sebanyak 416.659,795 ton per tahun. Utilitas yang dibutuhkan dalam setiap tahunnya antara lain 1.073.568,25 ton air, 606.041,43 ton steam, 1.322.962.650 liter bahan bakar, 3.480.409,063 kW listrik, 1.206.057,6 m³ udara tekan, luas lahan 8450 m² dan banyak karyawan.

Dari hasil analisis ekonomi diperoleh hasil yaitu Percent Return On Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 138% dan setelah pajak sebesar 96%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak sebesar 0,67 tahun sedangkan setelah pajak sebesar 0,93 tahun. Break Even Point (BEP) sebesar 40%, dan Shut Down Point (SDP) sebesar 20,63%. Discounted Cash Flow (DCF) sebesar 50%. Berdasarkan data di atas maka pabrik propilen glikol dari propilen oksida dan air ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : propilen glikol, hidrasi, RATB

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang banyak melakukan pembangunan di segala bidang, salah satunya adalah pembangunan di sektor industri kimia. Namun ketergantungan terhadap impor luar negeri masih lebih besar dibandingkan eksportnya. Indonesia masih banyak mengimpor bahan baku atau produk – produk industri kimia dari luar negeri. Ketergantungan impor ini menyebabkan devisa negara berkurang, sehingga diperlukan suatu usaha untuk menanggulangi ketergantungan terhadap impor. Dengan berdirinya pabrik akan menghemat devisa negara, dapat membuka peluang berdirinya pabrik lainnya yang menggunakan produk pabrik tersebut, membuka lapangan kerja baru dan meningkatkan pendapatan asli daerah setempat.

Propilen glikol merupakan salah satu bahan kimia yang digunakan di berbagai industri kimia, antara lain sebagai pengawet

makanan, pelembut dan pelembab, Sebagai salah satu formula dalam industri farmasi. Disamping itu juga sebagai *addictive* dalam industri produksi cat, yang berfungsi sebagai pengatur atau penstabil viscositas dan warna.

Kebutuhan terhadap bahan baku propilen glikol dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, namun untuk memenuhi kebutuhan propilen glikol tersebut harus impor, karena belum ada satupun industri kimia dalam negeri yang memproduksi propilen glikol. Hal ini menunjukkan peluang besar yang sangat menguntungkan dan memungkinkan untuk mendirikan pabrik propilen glikol di Indonesia.

1.2.Tujuan Perancangan

Tujuan perancangan adalah sebagai berikut:

1. Menghemat devisa negara karena belum ada industri yang memproduksi propilen glikol
2. Memenuhi kebutuhan propilen glikol dalam negeri
3. Membuka lapangan kerja baru dan meningkatkan pendapatan asli daerah setempat

TINJAUAN PUSTAKA

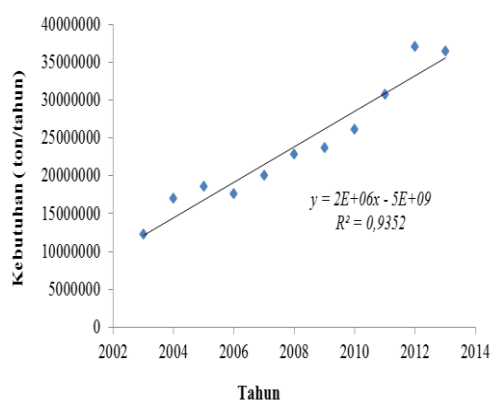
2..1. Kebutuhan Propilen Glikol

Kebutuhan propilen glikol di Indonesia yang sampai saat ini masih mengimpor dari luar negeri.

Tabel 1.1. Kebutuhan Impor Propilen Glikol Tahun 2003-2013.

Tahun	Kebutuhan (ton/ bulan)
2003	1018104,583
2004	1411821,417
2005	1550173
2006	1462038,083
2007	1671176,167
2008	1906095,25
2009	1972256,5
2010	2176639,417
2011	2564244,917
2012	3081940,083
2013	3038055,667

(Badan Pusat Statistik, 2014)



Gambar 1.1, Grafik Kebutuhan Propilen Glikol di Indonesia.

Kenaikan impor propilen glikol sesuai berdasarkan persamaan:

$y = 2 \times 10^6 x - 5 \times 10^9$, besarnya impor propilen glikol pada tahun 2020 adalah sebesar 45.000 ton/tahun. Sehingga perkiraan kebutuhan propilen glikol di atas maka ditetapkan kapasitas pabrik sebesar 60.000 ton/tahun. Dengan makin banyaknya kegunaan dari propilen glikol, maka pangsa pasarnya cukup baik dan dapat juga diekspor ke luar negeri.

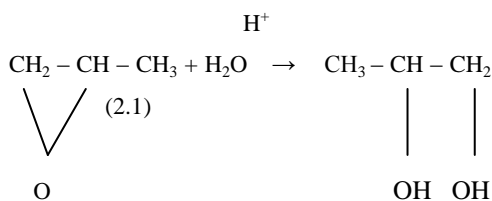
Pemilihan lokasi pabrik propilen glikol ini akan didirikan di daerah Tuban, Jawa Timur dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku propilen oksida diimpor dari *Qigo*, Singapura maka pemilihan pabrik di Tuban yang dekat dengan pelabuhan kota Surabaya, pemasaran produk, lahan untuk perluasan, tenaga ahli, dan listrik

2.2. Proses Produksi Propilen Glikol

Reaksi produksi propilen glikol terjadi di dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan kondisi operasi, temperatur 32°C, tekanan 1 atm, fase cair. Dengan perbandingan mol $C_3H_6O : H_2O$

Kondisi operasi dipilih karena pada kondisi tersebut laju pembentukan propilen glikol sangat optimal dan aman.

Reaksi :



(Kirk dan Othmer, 1992)

Tinjauan termodinamika



Harga konstanta kesetimbangan dapat dievaluasi menggunakan data termodinamika energi bebas gibbs sebagai berikut:

Tabel 2.1. Harga ΔG_f° masing-masing komponen.

Komponenten	$\Delta G^o_{f,298K}$ (kJ/mol)
C ₃ H ₆ O	-25,77
H ₂ O	-228,60
C ₃ H ₈ O ₂	-304,48

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}\Delta G^o_f &= \sum \Delta G^o_{f(\text{produkt})} - \sum \Delta G^o_{f(\text{reaktan})} \\ &= (-304,48 - (-25,77 + (-228,60))) \\ &\text{kJ/mol} \\ &= -50,11 \text{ kJ/mol} \\ &= -50.110 \text{ J/kmol}\end{aligned}$$

Konstanta kesetimbangan pada saat

$$T_{eff} = 298\text{ K}$$

$$\Delta G^o_f = -RT \text{Ln}K$$

Keterangan :

$$\Delta G_f^o = \text{Energi bebas Gibbs standar (kJ/kmol)}$$

$$K_{298K} = \text{Konstanta kesetimbangan}$$

$$K_{298K} = EXP\left(\frac{\Delta G_f^o}{-RT}\right)$$

$$= EXP \left(- \frac{50110 \text{ J/mol}}{8,3144 \text{ J/mol.K} \times 298 \text{ K}} \right) = 271.412.256,20$$

$$= 607.263.583$$

Nilai konstanta kesetimbangan reaksi pada temperatur 32°C :

Harga ΔH_f° masing - masing komponen pada temperatur 298 K adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2. Harga ΔH_f° masing-masing komponen.

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)
C ₃ H ₆ O	-92,76
H ₂ O	-241,8
C ₃ H ₈ O ₂	-421,5

(Yaws,1999)

$$\begin{aligned} \Delta H_R^\circ &= \sum \Delta H_f^\circ (\text{produk}) - \sum \Delta H_f^\circ (\text{reaktan}) \\ &= -421,5 \text{ kJ/mol} - (-92,76 \text{ kJ/mol} + (-241,8 \text{ kJ/mol})) \\ &= -86,94 \text{ kJ/mol} \\ &= 86.940 \text{ J/kmol} \end{aligned}$$

Harga ΔH_R° menunjukkan harga negatif sehingga reaksi merupakan reaksi eksotermis. Untuk nilai K pada temperatur operasi ($T=32^\circ\text{C}$), adalah

$$\begin{aligned} \frac{K_{305 \text{ K}}}{K_{298 \text{ K}}} &= EXP \left(- \frac{\Delta H_{298 \text{ K}}}{R} \right) \\ &\quad \times \left(\frac{1}{T_{\text{operasi}}} - \frac{1}{298} \right) \\ &= EXP \left(- \frac{-86.940}{8,3144} \right) \times \left(\frac{1}{305} - \frac{1}{298} \right) \\ &= 0,45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{305} &= 0,45 \times K_{298 \text{ K}} \\ &= 0,45 \times 607.263.583 \end{aligned}$$

Karena harga K yang sangat besar, maka reaksi produksi propilen glikol merupakan reaksi searah (*irreversible*).

3.3. Spesifikasi Alat

3.3.1. Mixer (M)

Nama	: M
Fungsi	: Mencampur air, propilen, oksida, metanol dan recycle dari dekanter sebelum direaksikan di reaktor.
Operasi:	: Kontinyu
Jumlah	: 1 buah
Suhu	: 32°C
Tekanan	: 1 atm
Diameter	: 4,54 m
Tinggi	: 6,28 m
Volume	: 73,90 m ³
Jenis	: Silinder tegak berpengaduk
Jenis Head	: <i>Torispherical head</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Pengaduk	
Jenis	: Turbin dengan 6 <i>blade disk</i> standar
Kecepatan	: 48 rpm
Diameter Pengaduk	: 1,51 m
Motor	: <i>Fixed-speed belt</i>
Power motor	: 20 hp
Utilitas	: Pengaduk <i>mixer</i>
	Menggunakan <i>power</i> dari utilitas

3.3.2. Reaktor 1 (R-01)

Nama	: R-01
Fungsi	: Untuk mereaksikan antara natrium oksida dan air dengan katalis asam sulfat hingga konversinya 99%
Operasi:	: Kontinyu
Jumlah	: 1 buah
Suhu	: 32°C
Tekanan	: 1 atm
Diameter	: 4,27 m
Tinggi	: 6,02 m
Volume	: 61,70 m ³
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk
Jenis <i>Head</i>	: <i>Torispherical dishead head</i>
Bahan reaktor	: <i>Stainlees stell</i>
Pengaduk	
Jenis pengaduk	: Turbin 6 blade disk standar
Kecepatan	: 30 rpm
Diameter	: 1,42 m
Motor	: <i>Fixed-speed belt</i>
Power motor	: 25 Hp
Pendingin	
Jenis	: Koil (<i>helix</i>)
Medium	: <i>Chiled Water 5°C</i>
Luas selubung	: 57,30 m ²
Tebal koil	: 0,25 in

3.3.3. Menara Destilasi 1 (MD-01)

Spesifikasi alat	
Nama	: MD-01
Fungsi	: Memisahkan asam sulfat untuk digunakan lagi. Asam sulfat yang <i>direcycle</i> sebesar 98%.
Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1 buah
Jenis	: <i>Plate Sieve Tray</i>
Bahan	: <i>Stainless steel</i> SA-167 (tipe 304)
Kondisi Operasi	
Kolom Distilasi Atas :	
Tekanan	: 1 atm
Suhu	: 96,96°C
Kolom Distilasi Bawah:	
Tekanan	: 1,2 atm
Suhu	: 154,10°C
Tebal <i>head</i>	: 3/16 in
Tebal shell	: 3/16 in
Tinggi <i>head</i>	: 0,44 m
Diameter	: 2,13 m
Tinggi menara	: 6,19 m
Utilitas	: <i>Steam</i> suhu 220°C

3.3.4. Netralizer (N)

Spesifikasi alat	
Nama	: N
Fungsi	: Menetralkan asam sulfat sisa dari MD-01 dengan penambahan NaOH.
Operasi:	: Kontinyu

Jumlah	: 1 buah
Suhu	: 32°C
Tekanan	: 1 atm
Diameter	: 2,47 m
Tinggi	: 3,61 m
Volume	: 11,98 m ³
Jenis	: Tangki tegak berpengaduk
Jenis Head	: <i>Torispherical dished head</i>
Bahan	: <i>Stainless steel SA-167 (type 304)</i>
Pengaduk	
Jenis	: Turbin, <i>6 blade disk standar</i>
Kecepatan	: 90 rpm
Diameter	: 0,82 m
Motor	: <i>Fixed-speed belt</i>
Power motor	: 125 Hp
Pendingin	
Jenis	: Jaket
Tebal jaket	: 0,006 m
Diameter	: 2,48 m
Tinggi	: 2,45 m
Medium	: <i>Chiled Water 5°C</i>
Utilitas	: Pengaduk <i>netralizer</i> menggunakan <i>power</i> dari utilitas

3.3.5. Rotary Drum Vacum Filter (RDF)

Spesifikasi alat

Nama	: RDF
Fungsi	: Memisahkan sodium sulfat hasil reaksi dari <i>netralizer</i> dari filtratnya dengan cara penambah air pencuci.

Operasi: : Kontinyu

Jumlah : 1 buah

Jenis : *Drum*

Bahan : *Carbon Steel*

Volume : 58,83 m³

Pajang : 0,51 m

Diameter : 1,03 m

Luas filter : 1,32 m²

Tekanan : 1 atm

Power motor : 30 hp

Kecepatan : 0,2 rpm

Motor : *Fixed speed belt*

Utilitas : *Power motor* dari utilitas

3.3.6. Dekanter (D)

Spesifikasi alat

Nama	: D
Fungsi	: Memisahkan propilen oksida- metanol dari propilen glikol-air untuk dikembalikan ke <i>mixer</i> sebagai umpan <i>recycle</i> .

Operasi:	: Kontinyu
Jumlah	: 1 buah
Jenis	: <i>Continous Gravity Dekanter Silinder Horizontal</i>
Bahan	: <i>Carbon Steel</i>
Volume	: 9,19 m ³
Pajang	: 5,41m
Diameter	: 1,67 m
Tekanan	: 1 atm
Temperatur	: 32°C

3.4.Diagram Alir Proses

1. Tahap persiapan bahan baku

Pada tahap ini dilakukan pencampuran di dalam *mixer* dengan bahan baku yang terdiri dari propilen oksida, air dan metanol. Suhu operasi *mixer* 32°C dengan tekanan 1 atm. Bahan baku air proses diperoleh dari utilitas sedangkan bahan baku propilen oksida disimpan dalam kondisi cair dengan kemurnian 99,95% dan disimpan dalam tangki dengan temperatur penyimpanan 32°C dan tekanan 1 atm. Pencampuran di *mixer* juga melibatkan arus *recycle* dari hasil atas dekanter. Hasil dari *mixer* kemudian dialirkan kedalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (R-01).

2. Tahap reaksi

Dengan menggunakan optimasi terhadap jumlah reaktor, maka reaktor yang digunakan sebanyak 1 buah. Dalam reaktor R-01 konversi yang dihasilkan sebesar 99%.

Reaksi hidrasi dimaksudkan untuk mereaksikan bahan baku propilen oksida dengan air didalam reaktor R-01 yang bereaksi dalam kondisi operasi 32°C dan tekanan 1 atm. Di dalam R-01 juga ditambahkan katalis asam sulfat. Reaksi berlangsung eksotermis, sehingga reaktor perlu diberi *jaket* pendingin untuk menjaga temperatur operasi agar stabil.

3. Tahap netralisasi

Campuran produk di reaktor R-01 kemudian diumpankan menuju MD-01 untuk mengambil katalis asam sulfat agar bisa digunakan lagi. Dari MD-01 diumpankan menuju *netralizer* untuk menetralkan produk yang masih mengandung sedikit asam sulfat. Didalam *netralizer* asam sulfat dinetralkan dengan menambahkan NaOH yang dialirkan dari unit utilitas.

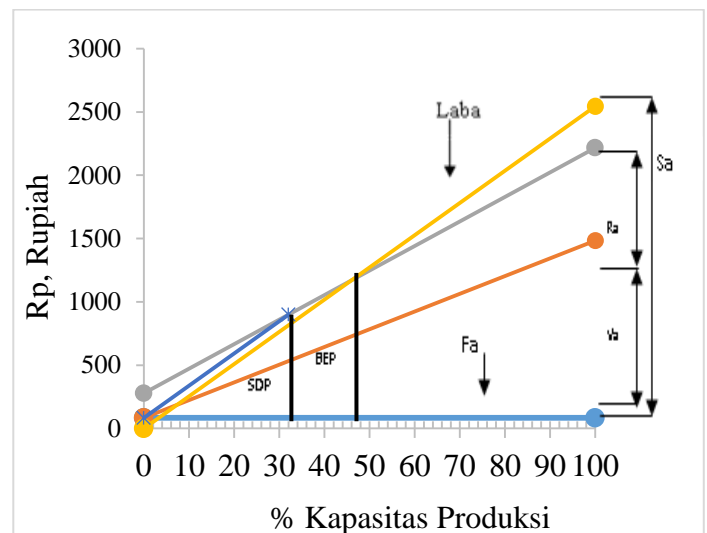
4. Tahap pemurnian produk

Dalam tahap ini ditujukan untuk memurnikan produk yang masih bercampur dengan propilen oksida dan metanol. Produk dari *netralizer* dimasukkan kedalam *Rotary Drum Vacuum Filter* untuk mengendapkan natrium sulfat yang terbentuk, kemudian hasil dari *Rotary Drum Vacuum Filter* yang berupa cairan dimasukkan ke dalam dekanter untuk memisahkan propilen oksida-metanol dan propilen glikol-air. Produk atas (propilen oksida-metanol di-*recycle* kembali ke *mixer* dan produk bawah (propilen glikol-air) diumpankan ke MD-02 untuk memperoleh kemurnian 99%.

HASIL PENELITIAN

Berdasarkan analisa ekonomi, pabrik propilen glikol tergolong pabrik dengan resiko yang cukup rendah. BEP adalah 52,75% dan SDP (*Shut Down Point*) adalah 40,18%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya berkisar antara 40%-60%. Nilai BEP dipengaruhi oleh harga jual produk yang relatif tinggi dari bahan baku, sehingga jika selisihnya semakin besar maka nilai BEP juga

akan semakin rendah. Nilai ROI akan semakin tinggi seiring penurunan nilai BEP. Batas minimum POT yang diizinkan (maksimal 2 tahun) yaitu 1,7 tahun dan nilai DCF (*Discounted Cash Flow*) adalah 49,88%. DCF yang dapat diterima harus lebih besar dari bunga pinjaman di bank. Besarnya DCF untuk pabrik beresiko rendah minimal 1,5 kali besarnya bunga bank. Untuk perancangan pabrik propilen glikol ini bunga bank diperkirakan sebesar 49%.



KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa ekonomi diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. ROI (*Return On Investment*) sesudah pajak adalah 46,51%.
2. POT (*Pay Out Time*) sesudah pajak adalah 1,7 tahun
3. BEP (*Break Event Point*) adalah 52,75%.
4. SDP (*Shut Down Point*) adalah 40,18%.
5. DCF (*Discounted Cash Flow*) adalah 49,88%.

jadi, pabrik propilen glikol dari propilen oksida dan air dengan kapasitas 60.000 ton/tahun LAYAK untuk dipertimbangkan pendiriannya

DAFTAR PUSTAKA

Aries, R.S., Newton, RD., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc.Graw Hill Book Company Inc, New York, Toronto, London.

Badan Pusat Statistik, 2014, *Statistik Perdagangan Luar Negeri*

Indonesia, [http: www.bps.go.id](http://www.bps.go.id), diakses Jum'at, 25 Mei 2014, pukul 19:15 WIB

Brown, G. G., 1978, *Unit Operations*, John Wiley and sons, Inc, New York.

Brownell, L. E., and Young, E. H. 1979, *Process Equipment Design*, Wiley Eastern Limited, New Delhi.

Chan, Arthur., and Seider, Warren D., 2004, *Batch Manufacture of Propylene Glycol*, Department of Chemical and Biomolecular Engineering University of Pennsylvania, Pennsylvania.

Coulson, J. M. and Richardson, J. F., 1983, *Chemical Engineering*, 1st edition, Volume 6, Pergason Press, Oxford.